

Penerapan Fuzzy Inference System Untuk Mengendalikan Kecepatan Motor Induksi 3 Phase

Sugeng

Prodi Teknik Elektro FT UNPAM

Jln. Puspiptek Raya No 11Buaran, Tangerang Selatan 15310 INDONESIA

¹*penulis1@unpam.ac.id*

ABSTRAK

Penerapan Fuzzy Inference System untuk mengendalikan kecepatan Motor Induksi 3 phase. Salah satu kelemahan motor induksi adalah memiliki beberapa karakteristik parameter yang tidak linier terutama resistansi rotor yang memiliki nilai yang bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda, sehingga tidak dapat mempertahankan kecepatannya secara konstan bila terjadi perubahan beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan kecepatan yang konstan terhadap perubahan beban diperlukan suatu kontroler. Tujuan penelitian ini untuk menerapkan sistem pengendali motor induksi 3 phase dengan menggunakan Fuzzy Inference System metode Mamdani melalui simulasi menggunakan Fuzzy Logic Toolbox GUI pada MATLAB. Dengan adanya pengendali tersebut diharapkan kecepatan motor induksi dapat konstan walaupun mendapat perubahan beban. Berdasarkan hasil uji coba sistem pengendali dengan Fuzzy Inference System metode Mamdani menghasilkan kecepatan yang konstan pada saat motor induksi diberi beban mulai dari 0,5 Nm sampai dengan 1,75 Nm.

Kata kunci : Motor Conveyor, Kontroler, FIS

ABSTRACT

Application Fuzzy Inference System for Speed Control of Three Phase Induction Motor. One disadvantage of the induction motor is to have some characteristic parameters are not linear, especially the rotor resistance has a value which varies for different operating conditions, so it can not maintain a constant speed when the load changes. Therefore, to obtain a constant speed to load changes requires a controller. The purpose of this study to implement a 3 phase induction motor controller system by using the method of Mamdani Fuzzy Inference System via simulation using the Fuzzy Logic Toolbox in MATLAB GUI. With the speed control of induction motor is expected to be constant even at load change. Based on the results of testing the system controller with Mamdani Fuzzy Inference System methods produce a constant speed induction motor at rated load ranging from 0.5 Nm to 1.75 Nm.

Keywords : Conveyor Motor, Controller, FIS

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada peralatan industri karena perancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. Kerja motor induksi berdasarkan prinsip interaksi elektromagnet.

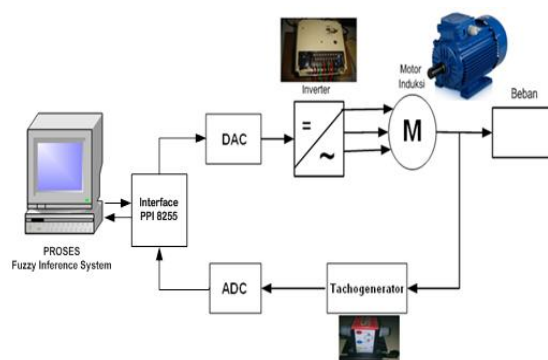
Apabila sumber tegangan tiga phase dipasang pada kumparan medan (stator), akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron sebesar $N_s = 120f/p$ rpm, dimana f adalah frekuensi dalam Hertz dan p jumlah kutub magnet yang digunakan. Jadi kecepatan putaran motor induksi sangat tergantung pada sumber yang digunakan serta jumlah kutub magnet dari kumparan motor. Dalam penggunaan motor induksi 3

phase, terdapat beberapa permasalahan antara lain salah satunya pada kondisi tanpa beban, kecepatan motor dapat sesuai yang diinginkan, tetapi setelah diberi beban kecepatan motor akan turun, semakin besar beban yang diberikan maka penurunan kecepatan motor juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena dengan pemberian beban akan menyebabkan torsi beban bertambah besar sehingga slip bertambah besar yang akan menyebabkan putaran berkurang. Beberapa penelitian pengaturan kecepatan motor induksi telah dilakukan antara lain Ratna Ika Putri (2007), Penerapan *Adaptif Fuzzy* pada pengaturan kecepatan Motor Induksi 3 phase, Era Purwanto dkk. (2008) Pengembangan Inverter *Fuzzy Logic Control* untuk pengendalian Motor Induksi, Agus Setiawan dkk, (2010) *Neural Fuzzy For Speed Control of Three Phase Induction Motor*. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Rathod Nirali dan S.K. Shah (2011), *Fuzzy Decsion Based Soft Multi Agent Controller for Speed Control of Three Phase Induction Motor*. Pada penelitian ini akan dibangun suatu sistem pengendalian kecepatan motor induksi 3 menggunakan *Fuzzy Inference System* dengan tujuan mengoptimalkan sistem pengendalian kecepatan motor induksi 3 phase sehingga kecepatannya dapat konstan walaupun mendapat perubahan beban dan pada akhirnya menghasilkan performen kerja yang tinggi. Perbedaan utama penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian tersebut adalah pendekatan sistem kontrolnya menggunakan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani melalui simulasi menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface (GUI)* pada software MATLAB.

METODOLOGI

Implementasi Sistem Kendali Motor

Pengendalian kecepatan Motor Induksi 3 phase diimplementasikan pada sistem dengan diagram blok seperti Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1.

Diagram Blok Sistem kendali kecepatan Motor Induksi

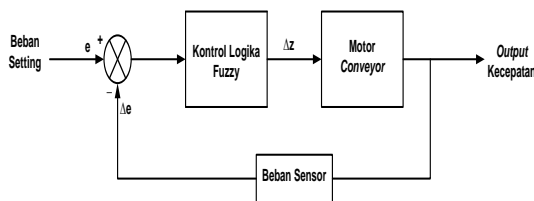
Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini pelaksanaannya hanya merupakan simulasi dari penerapan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani untuk mengendalikan kecepatan Motor Induksi 3 phase dengan menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface (GUI)* pada software MATLAB. Oleh karena itu kebutuhan yang sangat mendasar dalam penelitian ini adalah Perancangan sistem kendali dan sebuah Komputer atau Laptop yang berisi software MATLAB.

Sehubungan dengan hal tersebut, dalam penelitian ini menggunakan peralatan sebuah Laptop (*hardware*) dengan spesifikasi Intel(R) Core (TM) Duo CPU T2450@ 2.00 GHz, 2GHz of RAM dan software MATLAB R2011b dengan Operating System Microshoft Windows XP professional Version 2002 Srvice Pack 3.

Tata Kerja

Untuk merancang pengendali dalam penelitian ini, maka diterapkan *Fuzzy Inference System* pada sistem pengendalian kecepatan motor induksi 3 phase dengan menggunakan metode Mamdani. Sistem kendali dirancang memiliki 2 buah masukan yaitu masukan yang berupa beban setting (e) dan beban yang terbaca oleh sensor (Δe) yang berfungsi sebagai *feedback* dan memiliki satu output (Δz) yaitu perintah kecepatan motor *conveyor* sesuai gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2

Diagram Blok Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi secara otomatis

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

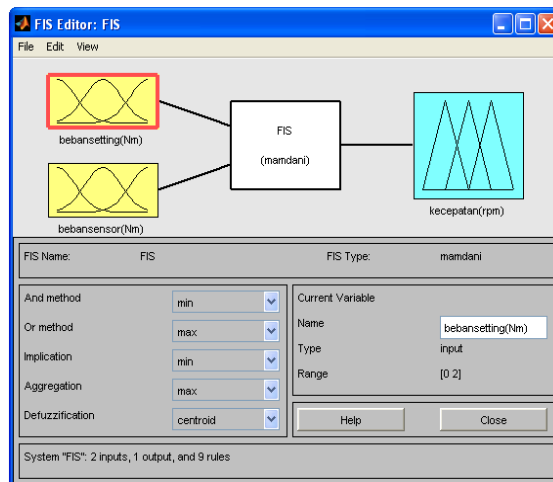
1. Rancangan Simulasi sistem Kendali kecepatan Motor Induksi dengan Fuzzy Inference System metode Mamdani

Pembuatan pengujian (simulasi) dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2011b. MATLAB atau *Matrix Laboratory*, dipilih sebagai lingkungan percobaan karena kemampuannya mensimulasikan berbagai perhitungan matematis. Dibangun oleh *Math Works Inc*, MATLAB menyediakan berbagai perangkat pendukung untuk melakukan percobaan pengendalian antara lain *Fuzzy Logic Toolbox*. Fungsi-fungsi yang terdapat *Fuzzy Logic Toolbox* dapat digunakan untuk membangun sistem pengendali kecepatan Motor Induksi berbasis *Fuzzy Inference System* metode Mamdani yang digunakan dalam penelitian ini.

Hal-hal yang menjadi perhatian utama dalam membuat rancangan simulasi dan mengaplikasikan sistem Kendali Logika Fuzzy dalam pengontrolan suatu sistem adalah pembuatan bentuk *Membership function* pada setiap variabel input dan output serta pembuatan *rule base*

2. Pembuatan Variabel Input dan Output pada Software MATLAB R2011b

Hasil rancangan sistem inferensi fuzzy pada *Fuzzy Inference System (FIS) editor* pada gambar dibawah ini:

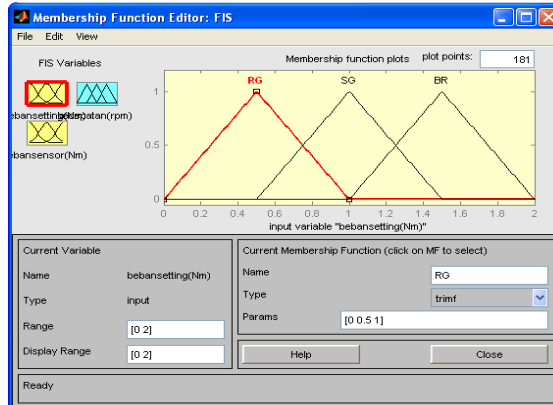


Gambar 3

Perancangan Fuzzy Inference System (FIS editor)

Selanjutnya dibuat perancangan fungsi keanggotaan (*membership function*) pada setiap *input* dan *output* pada *Membership Function Editor*.

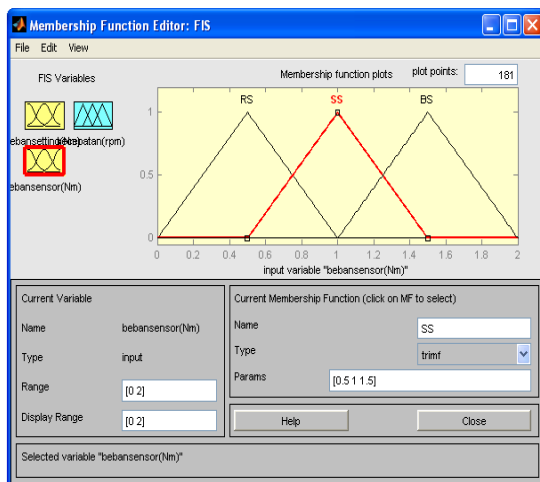
Hasil rancangan *Membership function* untuk Variabel Input 1 (*bebansetting*) seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.

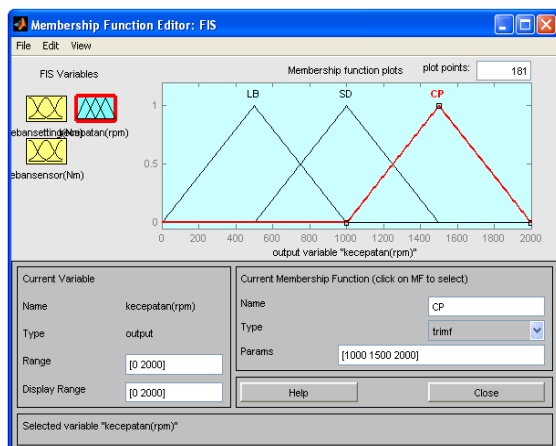
Rancangan *Membership function* untuk Variabel Input 1 (*bebansetting*)

Hasil rancangan *Membership function* untuk Variabel Input 2 (*bebensensor*) seperti gambar dibawah ini:



Gambar 5
Rancangan *Membership function* untuk Variabel Input 2 (bebensensor)

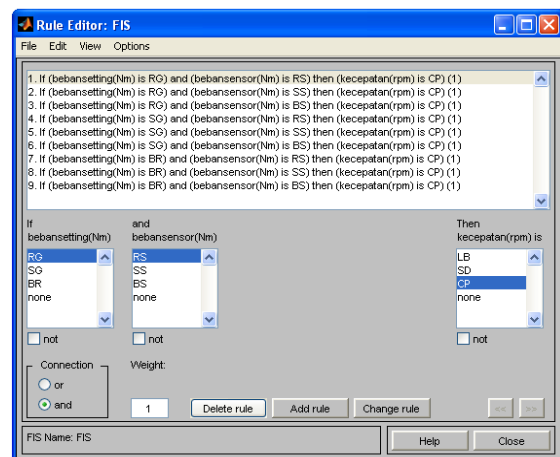
Hasil rancangan *Membership function* untuk Variabel output (kecepatan) seperti gambar dibawah ini:



Gambar 6
Rancangan *Membership function* untuk Variabel output (kecepatan)

3. Pembuatan Aturan-Aturan (Rule Base) pada Software MATLAB

Hasil rancangan Rule Base pada *MATLAB Graphical User Interface (GUI)* seperti gambar dibawah ini:



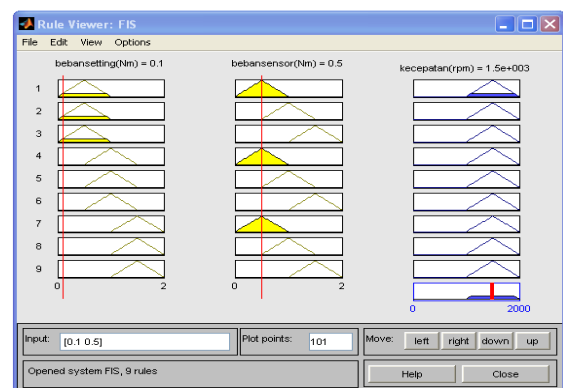
Gambar 7
Perancangan Rule Base

4. Pengujian Hasil Simulasi

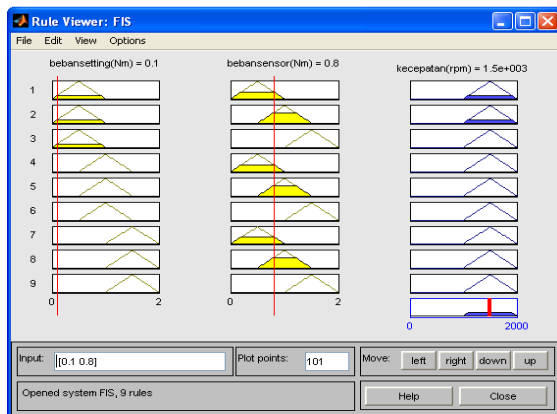
Setelah dilakukan perancangan parameter-parameter sistem Kendali Logika Fuzzy, kemudian dilanjutkan uji coba untuk menguji hasil perancangan yang telah dibuat.

Uji coba untuk menguji hasil rancangan dilakukan dengan menggunakan *Rule Viewer pada MATLAB Graphical User Interface (GUI)* sehingga dapat dianalisa hasil output dari sistem apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam penelitian ini dilakukan 12 kali uji coba untuk menguji hasil rancangan yaitu:

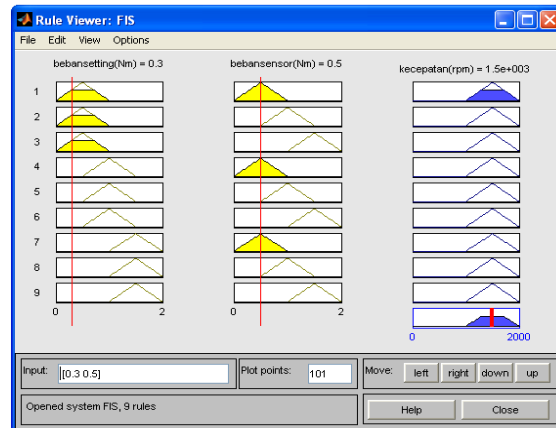


Gambar 8
Hasil uji coba input bebensetting 0,1 Nm dan bebensensor 0,5 Nm



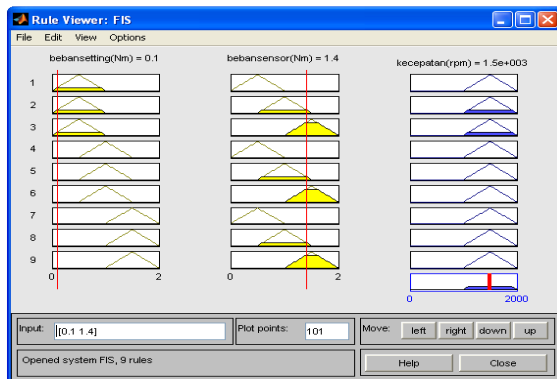
Gambar 9

Hasil uji coba input bebansetting 0,1 Nm dan bebensensor 0,8 Nm



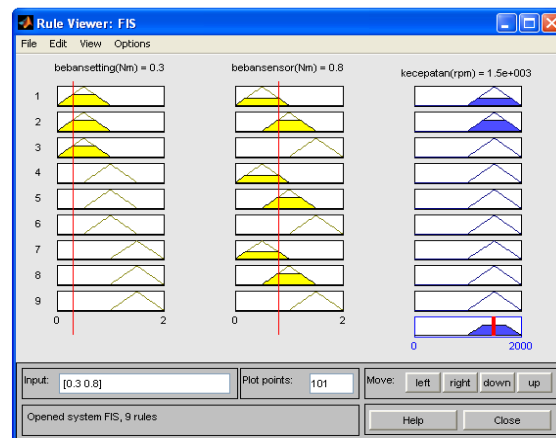
Gambar 12

Hasil uji coba input bebansetting 0,3 Nm dan bebensensor 0,5 Nm



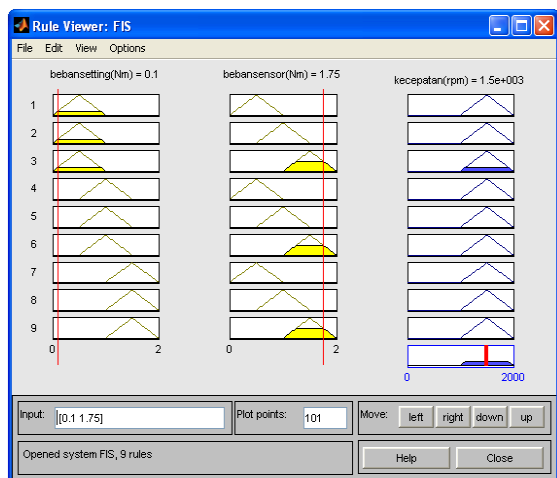
Gambar 10

Hasil uji coba input bebansetting 0,1 Nm dan bebensensor 1,4 Nm



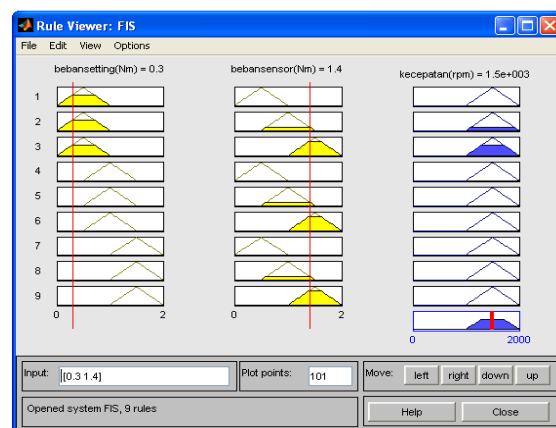
Gambar 13

Hasil uji coba input bebansetting 0,3 Nm dan bebensensor 0,8 Nm



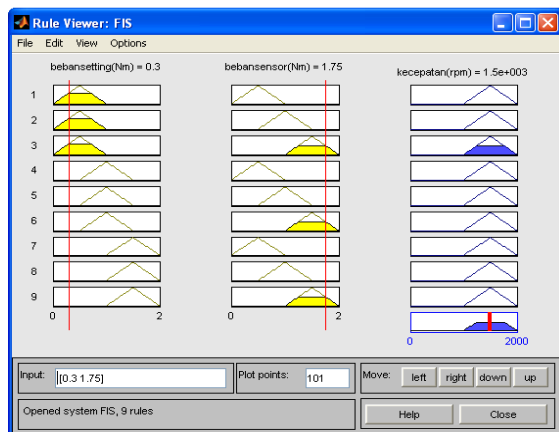
Gambar 11

Hasil uji coba input bebansetting 0,1 Nm dan bebensensor 1,75 Nm

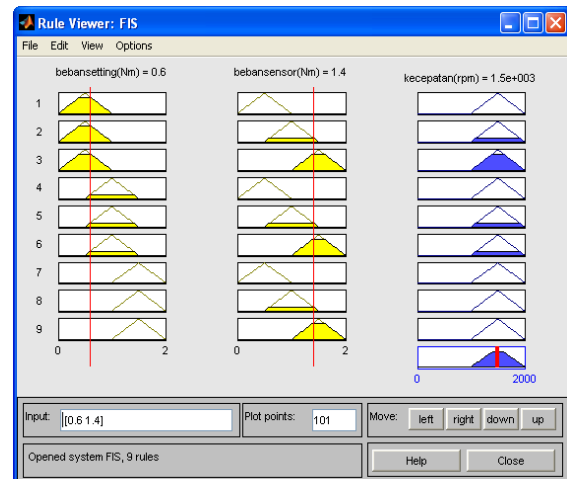


Gambar 14

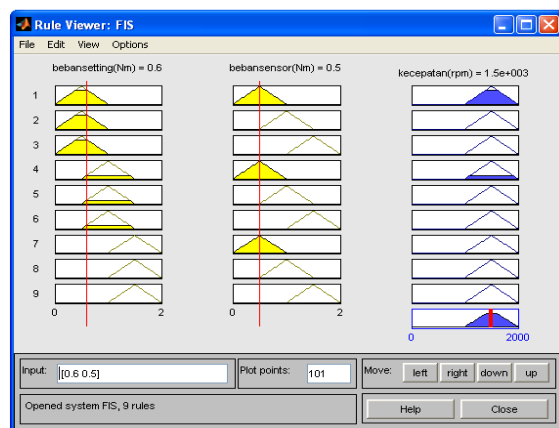
Hasil uji coba input bebansetting 0,3 Nm dan bebensensor 1,4 Nm



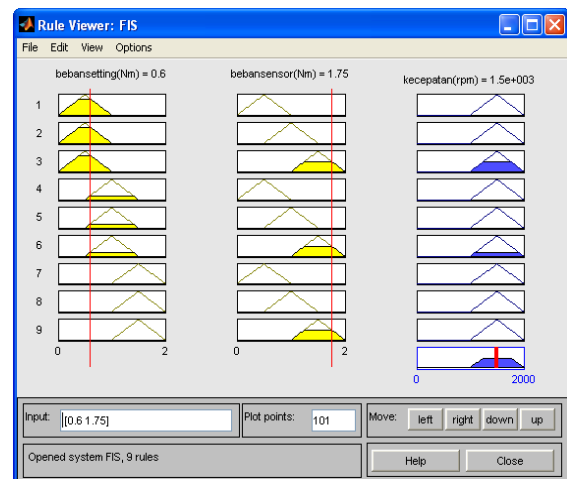
Gambar 15
 Hasil uji coba input bebensetting 0,3 Nm dan bebensensor 1,75 Nm



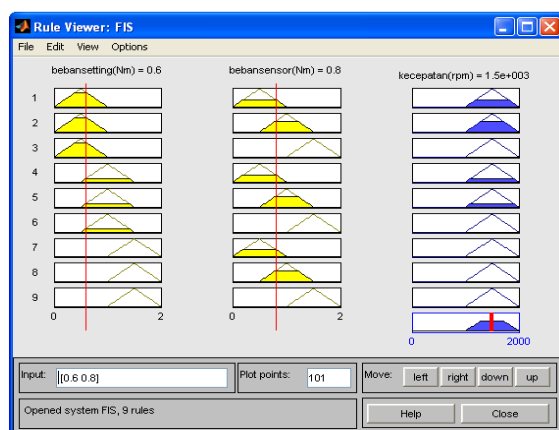
Gambar 18
 Hasil uji coba input bebensetting 0,6 Nm dan bebensensor 1,4 Nm



Gambar 16
 Hasil uji coba input bebensetting 0,6 Nm dan bebensensor 0,5 Nm



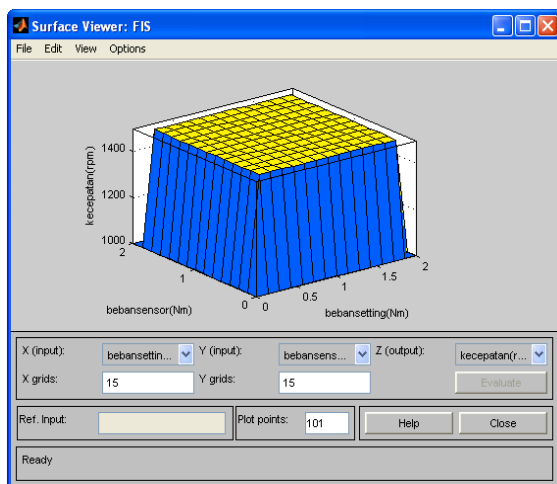
Gambar 19
 Hasil uji coba input bebensetting 0,6 Nm dan bebensensor 1,75 Nm



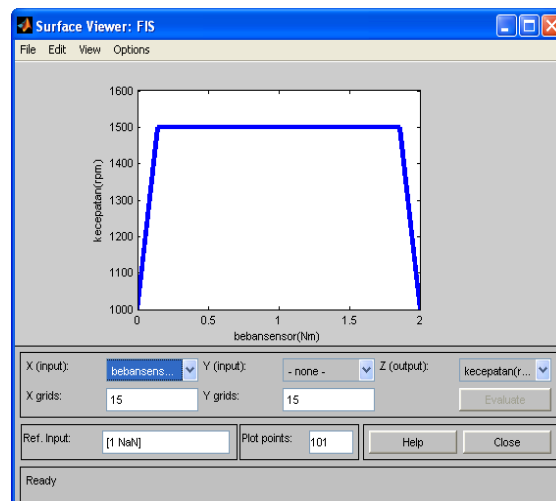
Gambar 17
 Hasil uji coba input bebensetting 0,6 Nm dan bebensensor 0,8 Nm

Selanjutnya Grafik tiga dimensi yang merupakan hubungan antara input dan output berdasarkan **aturan-aturan (rulers)** yang dibuat dalam perancangan dapat ditampilkan melalui *Surface Viewer* pada *Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface (GUI) Tollbox*.

Grafik tiga dimensi hasil perancangan sistem dalam penelitian ini seperti gambar dibawah ini:

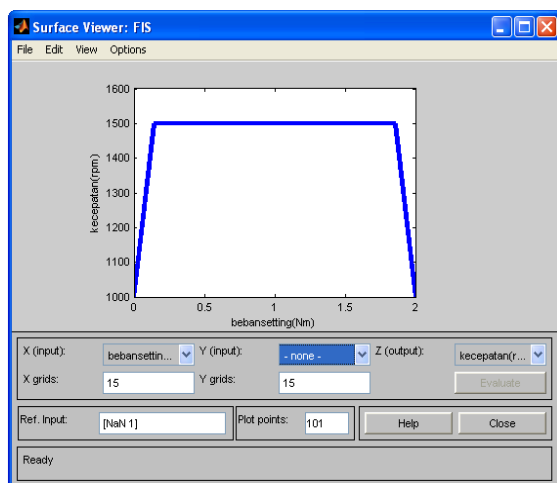


Gambar 20
Grafik Tiga dimensi hasil Perancangan Sistem



Gambar. 22
Grafik Dua Dimensi *input* (bebensensor) dengan *output*

Selain menunjukkan grafik tiga dimensi hasil perancangan sistem, *Surface Viewer* juga dapat menampilkan grafik dua dimensi hubungan antara input 1 (bebensetting) dengan *output* dan antara input 2 (bebensensor) dengan *output* hasilnya seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 21
Grafik Dua Dimensi *input* 1 (bebensetting) dengan *output*

Kemudian grafik dua dimensi yang menunjukkan hubungan antara *input* 2 (bebensensor) dengan *output* hasilnya dapat dilihat gambar dibawah ini:

B. Pembahasan

Dari uji coba yang dilakukan, untuk menguji hasil dalam penelitian ini setelah melalui proses pada MATLAB yang diawali dengan *Fuzzification Input* beban seting dan *Input* beban sensor kemudian melakukan *inference* yang terdiri dari fungsi implikasi dengan metode *min* dan komposisi antar aturan dengan metode *max* yang diakhiri dengan proses *defuzification* metode *centroid* menghasilkan gambar-gambar *Rule Viewer* yang menunjukkan bahwa pada eksperimen pertama dengan input beban seting sebesar 0,1 Nm dan beban sensor besarnya bervariasi yaitu berturut-turut sebesar 0,5 Nm, 0,8 Nm, 1,4 Nm dan 1,75 Nm memberikan dampak *output* kecepatan motor tidak berubah yaitu sebesar 1500 rpm. Selanjutnya pada uji coba kedua dengan input beban seting sebesar 0,3 Nm dan beban sensor besarnya bervariasi yaitu berturut-turut sebesar 0,5 Nm, 0,8 Nm, 1,4 Nm dan 1,75 Nm. memberikan dampak *output* kecepatan motor tidak berubah yaitu sebesar 1500 rpm. Kemudian pada eksperimen ketiga dengan input beban seting sebesar 0,6 Nm dan beban sensor besarnya bervariasi yaitu berturut-turut sebesar 0,5 Nm, 0,8 Nm, 1,4 Nm dan 1,75 Nm memberikan dampak *output* kecepatan motor tidak berubah yaitu sebesar 1500 rpm.

Selanjutnya untuk mempermudah melihat langsung hasil uji coba yang dilakukan,

dalam pembahasan penelitian ini diringkas kedalam tabel-tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Uji Coba Pertama

| N o | Input1 (bebanse tting) | Input 2 (bebanse sor) | Output Kecepatan(rpm) |
|--------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,1 Nm | 0,5 Nm | 1500 rpm |
| 2 | 0,1 Nm | 0,8 Nm | 1500 rpm |
| 3 | 0,1 Nm | 1,4 Nm | 1500 rpm |
| 4 | 0,1 Nm | 1,75 Nm | 1500 rpm |

Tabel 2. Uji Coba Kedua

| No | Input1 (bebanse ting) | Input 2 (bebanse nsor) | Output Kecepatan(rpm) |
|----|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,3 Nm | 0,5 Nm | 1500 rpm |
| 2 | 0,3 Nm | 0,8 Nm | 1500 rpm |
| 3 | 0,3 Nm | 1,4 Nm | 1500 rpm |
| 4 | 0,3 Nm | 1,75 Nm | 1500 rpm |

Tabel 3. Uji Coba Ketiga

| N o | Input1 (bebanse ting) | Input 2 (bebanse sor) | Output Kecepatan(rpm) |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,6 Nm | 0,5 Nm | 1500 rpm |
| 2 | 0,6 Nm | 0,8 Nm | 1500 rpm |
| 3 | 0,6 Nm | 1,4 Nm | 1500 rpm |
| 4 | 0,6 Nm | 1,75 Nm | 1500 rpm |

Tingkat optimalisasi beban yang dikontrol bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dihitung dengan rumus:

$$\text{Tingkat Optimalisasi} = \frac{(B_{hp} - B_{ps})}{B_{ps}} \times 100\%$$

Dimana:

B_{hp} = Beban yang dikontrol hasil penelitian

B_{ps} = Beban yang dikontrol penelitian sebelumnya.

Tingkat optimalisasi beban yang dikontrol dalam penelitian ini sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Tingkat Optimalisasi} &= \frac{(1,75 \text{ Nm} - 1 \text{ Nm})}{1 \text{ Nm}} \times 100 \% \\ &= 75 \% \end{aligned}$$

Kemudian Grafik tiga dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 20 memperlihatkan

grafik hubungan seluruh variabel-variabel yang dibuat dalam perancangan sistem yaitu bebansetting, beban dari sensor dan kecepatan motor. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa kecepatan motor conveyor akan berputar pada kecepatan tetap yaitu 1500 rpm saat bebansetting maupun bebansensor yang berubah-ubah nilainya.

Dari Grafik dua dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 21 memperlihatkan grafik hubungan antara *input* 1 yaitu bebansetting dengan *output* yang diinginkan. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa dengan bebansetting yang berubah-ubah kecepatan motortetap sebesar 1500 rpm.

Selanjutnya Grafik dua dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 22 memperlihatkan grafik hubungan antara *input* 2 yaitu bebansensor dengan *output* yang diinginkan. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa dengan bebansensor yang berubah-ubah kecepatan motor tetap sebesar 1500 rpm.

KESIMPULAN

Penerapan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani melalui proses yang diawali dengan *Fuzzification Input* beban seting dan *Input* beban sensor kemudian melakukan *inference* yang terdiri dari fungsi implikasi dengan metode *min* dan komposisi antar aturan dengan metode *max* yang diakhiri dengan proses *defuzification* metode *centroid* dapat membantu mengoptimalkan sistem pengendalian kecepatan motor Induksi 3 phase sehingga kecepatan motordapat konstan walaupun mendapat beban berubah-ubah dari 0,5 Nm sampai dengan 1,75 Nmdengan tingkat optimalisasi beban sebesar 75% dari penelitian sebelumnya

DAFTAR PUSTAKA

BUKU:

- [1] Robandi, I. (2006). *Desain Sistem Tenaga Modern Optimasi, Logika Fuzzy dan Algoritma Genetika*. Yogyakarta: Andi Offset
- [2] Rose, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Application*. John Wiley & Sons Ltd.
- [3] Suyanto. (2008). *Soft Computing, Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika.
- [4] Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasi)*. Graha.
- [5] Parekh. (2003). *AC Induction Motors Fundamentals*. AN887 Microchip Technology.
- [6] Melin, O. C. (2008). *Fuzzy Logic : Theory and Application*. Berlin: Springer.
- [7] Passino, K., & Yurkovic, S. (1998). *Fuzzy Control*. Addison Wesley Longmen Inc.

JURNAL:

- [1] Nirali, R., & Shah, S. (2011). Fuzzy Decision Based Soft Multi Agent Controller for Speed Control of Three Phase Induction Motor. *International Journal on Soft Computing (IJSC) Vol.2 No.3*.
- [2] Putri, I. R. (2007). Penerapan Adaptif Fuzzy pada pengaturan kecepatan Motor Induksi tiga Fasa. *Jurnal Teknik Gelegar Vol. 18 No.1*.
- [3] Agustiawan. (2010). Neural Fuzzy For Speed Control of Three Phase Induction Motor. *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS) Vol 10 No.10*.
- [4] Nirali, R., & Shah, S. (2011). Fuzzy Decision Based Soft Multi Agent Controller for Speed Control of Three Phase Induction Motor. *International Journal on Soft Computing (IJSC) Vol.2 No.3*.
- [5] Iswati, L., & Wahid, F. (2005). Alat bantu Sistem Inferensi Fuzzy Metode Sugeno Orde Satu. *SNATI ISBN 979-756-061-6*.

